

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-251646

(43)Date of publication of application : 14.09.2001

(51)Int.Cl.

H04N 11/04

H04N 1/41

H04N 7/30

H04N 9/07

(21)Application number : 2000-060471

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

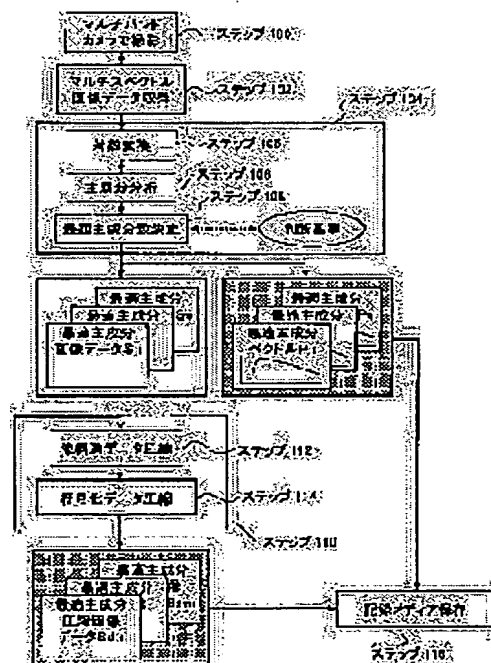
(22)Date of filing : 06.03.2000

(72)Inventor : ISHIBASHI HIDEYASU

**(54) IMAGE COMPRESSION METHOD FOR MULTI-SPECTRAL IMAGE AND IMAGE COMPRESSOR****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an image compression method and an image compressor for a multi-spectral image by which a compression rate for image compression can be enhanced with less visual deterioration in the multi-spectral image and the handling of image data can be enhanced with respect to the multi-spectral image that is obtained by dividing a photographed wavelength band into a plurality of bands.

**SOLUTION:** Logarithmic transform is applied to the multi-spectral image to conduct main principal analysis in order to obtain a plurality of pairs each consisting of a principal component vector and a principal component image. An optimum principal component number optimally representing image information of the multi-spectral image is derived from a plurality of the pairs so as to obtain the optimum principal component vector and the optimum principal component image corresponding to the vector. Image structural compression is applied to each optimum principal component image to obtain optimum principal component compression image data so as to compress the image data of the multi-spectral image into the optimum principal component compression image data by the image compression method and the image compressor.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

14.09.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-251646  
(P2001-251646A)

(43) 公開日 平成13年9月14日 (2001.9.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 N 11/04		H 0 4 N 11/04	Z 5 C 0 5 7
1/41		1/41	C 5 C 0 5 9
7/30		9/07	C 5 C 0 6 5
9/07		7/133	Z 5 C 0 7 8
			9 A 0 0 1
審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 11 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-60471(P2000-60471)

(22) 出願日 平成12年3月6日 (2000.3.6)

(71) 出願人 000003201

富士写真フイルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 磯 秀康

神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写真  
フイルム株式会社内

(74) 代理人 100080159

弁理士 渡辺 望純

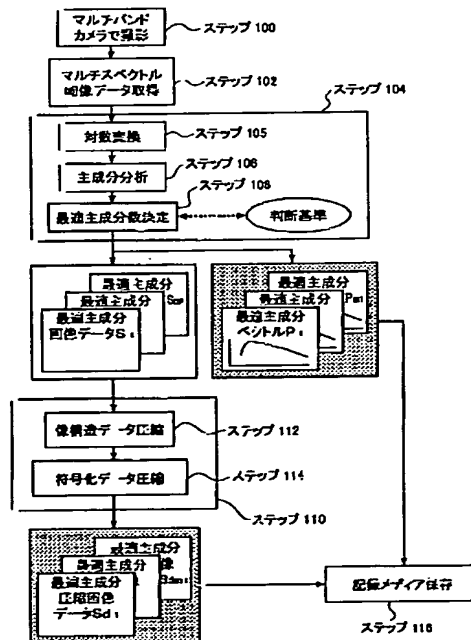
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチスペクトル画像の画像圧縮方法および画像圧縮装置

(57) 【要約】

【課題】撮影波長帯域を複数のバンド帯域に分割することで得られる複数のスペクトル画像に対して、視覚的に劣化することが少なく画像圧縮の際の圧縮率を高め、画像データの取り扱いが向上するマルチスペクトル画像の画像圧縮方法および画像圧縮装置を提供するの提供を課題とする。

【解決手段】マルチスペクトル画像の画像データに対数変換を施して、主成分分析を行い、主成分ベクトルと主成分画像の複数の対を得、この複数の対の中から、マルチスペクトル画像の画像情報を最適に代表する最適主成分数を求めて、最適主成分ベクトルとこれに対応する最適主成分画像を得、得られた各最適主成分画像に対して、像構造圧縮を行い最適主成分圧縮画像データを得ることで、前記マルチスペクトル画像の画像データを前記最適主成分ベクトルおよび前記最適主成分圧縮画像データに圧縮する画像圧縮方法および画像圧縮装置を提供する。



(2) 001-251646 (P2001-251646A)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】被写体を撮影する際に撮影波長帯域を複数のバンド帯域に分割して撮影したバンド画像を用いて得られるマルチスペクトル画像を画像圧縮する方法であって、

マルチスペクトル画像の画像データを対数変換して対数変換画像データとし、

この対数変換画像データを用いて、主成分分析を行い、マルチスペクトル画像に基づく主成分ベクトルと主成分画像の複数の対を得、

この複数の対の中から、マルチスペクトル画像の画像情報を最適に代表する主成分ベクトルと主成分画像の対の最適主成分数を求めて、最適主成分ベクトルとこれに対応する最適主成分画像を得、

得られた各最適主成分画像に対して、像構造圧縮を行い最適主成分圧縮画像データを得ることによって、前記マルチスペクトル画像の画像データを前記最適主成分ベクトルおよび前記最適主成分圧縮画像データに圧縮することを特徴とするマルチスペクトル画像の画像圧縮方法。

【請求項2】前記最適主成分数は、色空間上の測色値に基づいて決定される請求項1に記載のマルチスペクトル画像の画像圧縮方法。

【請求項3】前記最適主成分数は、前記主成分ベクトルと前記主成分画像の中から選ばれて構成される合成画像の測色値の画像情報の、前記マルチスペクトル画像に基づいて構成されるオリジナル画像の測色値の画像情報に対する誤差の値が、所定値以下となる最小の主成分数である請求項1または2に記載のマルチスペクトル画像の画像圧縮方法。

【請求項4】前記最適主成分数は、前記マルチスペクトル画像に対する寄与の大きい主成分ベクトルを、寄与の大きい主成分ベクトルの順に、順次含め、これに対応した前記主成分ベクトルと前記主成分画像によって構成される前記合成画像を求めた時の前記オリジナル画像に対する前記誤差の変動が、所定値以下に収まる最小の主成分数である請求項3に記載のマルチスペクトル画像の画像圧縮方法。

【請求項5】前記像構造圧縮は、離散フーリエ変換またはウェーブレット変換による画像データの高周波成分の圧縮である請求項1～4のいずれかに記載のマルチスペクトル画像の画像圧縮方法。

【請求項6】前記像構造による圧縮は、画像データの符号化により画像データを圧縮する符号化圧縮処理が付加される請求項5に記載のマルチスペクトル画像の画像圧縮方法。

【請求項7】被写体を撮影する際に撮影波長帯域を複数のバンド帯域に分割して撮影したバンド画像を用いて得られるマルチスペクトル画像を画像圧縮するマルチスペクトル画像の画像圧縮装置であって、

マルチスペクトル画像の画像データを対数変換して対数

変換画像データを得る画像データ変換部と、

この画像データ変換部で得られた対数変換画像データを用いて、主成分分析を行い、マルチスペクトル画像に基づく主成分ベクトルと主成分画像の複数の対を得る主成分分析部と、

この主成分分析部で得られた主成分ベクトルと主成分画像の複数の対の中から、マルチスペクトル画像の画像情報を最適に代表する主成分ベクトルと主成分画像の対の最適主成分数を求めて、最適主成分ベクトルと最適主成分画像を得る最適主成分ベクトル・画像抽出部と、

この最適成分ベクトル・画像抽出部で得られた各最適主成分画像の画像データに対して、像構造圧縮を行う画像圧縮部とを有することを特徴とするマルチスペクトル画像の画像圧縮装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被写体を撮影する際の撮影波長領域を複数のバンド帯域に分割して撮影したバンド画像を用いて得られるマルチスペクトル画像の画像データに対して、画像品質を損なうことなく効率的に圧縮することのできる画像データの圧縮処理の技術分野に関する。

## 【0002】

【従来の技術】今日、デジタル画像処理の進歩によって、画像の色情報（明度、色相、彩度）を完全に表現する手段として、画像の各画素毎に分光情報（スペクトル画像）を備える画像、すなわちマルチスペクトル画像が利用されている。このマルチスペクトル画像は、撮影被写体の撮影波長領域を複数のバンド帯域に分割して各バンド帯域毎に撮影被写体を撮影した複数のバンド画像から構成されるマルチバンド画像に基づいて分光反射率分布を各画像毎に推定して得られるものである。このマルチバンド画像は、赤（R）、緑（G）および青（B）画像からなる従来のRGBカラー画像では十分に表現できない色情報を再現することができ、例えばより正確な色再現の望まれる絵画の世界にとって有効である。そこで、この色情報を正確に再現するといった特徴を生かすために、例えば380～780nmの撮影波長帯域を10nm帯域毎に区切って41バンドさらには5nm帯域毎に区切って81バンドといった多くのバンド数を備えたマルチバンド画像に基づいてマルチスペクトル画像を得ることが望まれる。

【0003】しかし、画素毎に分光情報を備えるマルチスペクトル画像は、撮影波長帯域を分割した各帯域（チャンネル）毎に、例えば41チャンネル毎に分光反射率データを有するため、従来から用いられてきた3チャンネルのRGBカラー画像に比べ、例えば約13倍（41チャンネル／3チャンネル）の画像データ量を備えなければならない。そのため、得られたマルチスペクトル画像の画像データを保存する場合、大きな記憶容量が必要

(3) 001-251646 (P2001-251646A)

となり、保存に要する時間も長い。また、画像データをネットワークを介して転送する際にも多大の時間がかかり、取り扱いが困難になる。

【0004】このような問題に対して、マルチスペクトル画像の各画素ごとの分光情報から得られるスペクトル波形を3つの等色関数、例えばRGB表色形の等色関数で展開するとともに、等色関数で表されないスペクトル波形の部分で、主成分分析法を用いて、主成分基底ベクトルで展開し、その中からスペクトル画像の画像情報を代表する主成分を抽出して採用し、それ以外の主成分は取り除き、最終的に等色関数を含め合計6〜8個の基底ベクトルで上記スペクトル波形を表現する方法が提案されている(Th.Keusen, Multispectral Color System with an Encoding Format Compatible with the Conventional Tristimulus Model, Journal of Imaging Science and Technology 40: 510-515 (1996))。これを用いて、上記スペクトル波形を6〜8個の基底ベクトルとそれに対応した係数の対で表わすことによって、マルチスペクトル画像の画像データを圧縮することができる。特に、RGB表色形の等色関数で表される場合の等色関数の係数は、R、GおよびBの三刺激値となるので、R、GおよびB画素による3刺激値に基づいて画像処理や画像表示等が行われる従来の画像処理装置や画像表示装置に対応して適合するように特別な変換を施す必要がなく、直接画像データを送ることができるといった処理の低減に対して優れた効果を備える。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような方法によって得られる画像データは、例えば41個のスペクトル画像から構成されるマルチスペクトル画像の場合、例えば8個の基底ベクトルとその係数によって表すことによって、マルチスペクトル画像の画像データ量の約20% (8個/41個×100) に圧縮することができる。しかし、41個のスペクトル画像から構成されるマルチスペクトル画像の場合、RGBカラー画像の画像データ量に比べて約13倍も大きく、上記方法で約20%に圧縮できたとしても、RGBカラー画像の画像データ量に対して、依然として約2.5倍(13×20/100)ものデータ量を有することになる。そのため、上述したように記録メディア等に記録保存する際の記録時間や画像データをネットワークを介して転送する際の転送時間も長く、依然として取り扱いが困難である。

【0006】そこで、本発明は、上記問題点を解決し、被写体を撮影する際の撮影波長帯域を複数のバンド帯域に分割することで得られる複数のスペクトル画像に対して、視覚的に劣化することが少なく画像圧縮の際の圧縮率を高め、画像データの取り扱いが向上するマルチスペクトル画像の画像圧縮方法および画像圧縮装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、被写体を撮影する際に撮影波長帯域を複数のバンド帯域に分割して撮影したバンド画像を用いて得られるマルチスペクトル画像を画像圧縮する方法であって、マルチスペクトル画像の画像データを対数変換して対数変換画像データとし、この対数変換画像データを用いて、主成分分析を行い、マルチスペクトル画像に基づく主成分ベクトルと主成分画像の複数の対を得、この複数の対の中から、マルチスペクトル画像の画像情報を最適に代表する主成分ベクトルと主成分画像の対の最適主成分数を求めて、最適主成分ベクトルとこれに対応する最適主成分画像を得、得られた各最適主成分画像に対して、像構造圧縮を行い最適主成分圧縮画像データを得ることによって、前記マルチスペクトル画像の画像データを前記最適主成分ベクトルおよび前記最適主成分圧縮画像データに圧縮することを特徴とするマルチスペクトル画像の画像圧縮方法を提供するものである。

【0008】ここで、前記最適主成分数は、色空間上の測色値に基づいて決定されるのが好ましく、前記最適主成分数は、前記主成分ベクトルと前記主成分画像の中から選ばれて構成される合成画像の測色値の画像情報の、前記マルチスペクトル画像に基づいて構成されるオリジナル画像の測色値の画像情報に対する誤差の値が、所定値以下となる最小の主成分数であるのが好ましい。ここで、さらに好ましくは、前記最適主成分数は、前記マルチスペクトル画像に対する寄与の大きい主成分ベクトルを、寄与の大きい主成分ベクトルの順に、順次含め、これに対応した前記主成分ベクトルと前記主成分画像によって構成される前記合成画像を求めた時の前記オリジナル画像に対する前記誤差の変動が、所定値以下に収まる最小の主成分数であるのが好ましい。

【0009】また、前記像構造圧縮は、離散フーリエ変換またはウェーブレット変換による画像データの高周波成分の圧縮であるのが好ましい。さらに、前記像構造による圧縮は、画像データの符号化により画像データを圧縮する符号化圧縮処理が付加されるものであってもよい。

【0010】また、本発明は、被写体を撮影する際に撮影波長帯域を複数のバンド帯域に分割して撮影したバンド画像を用いて得られるマルチスペクトル画像を画像圧縮するマルチスペクトル画像の画像圧縮装置であって、マルチスペクトル画像の画像データを対数変換して対数変換画像データを得る画像データ変換部と、この画像データ変換部で得られた対数変換画像データを用いて、主成分分析を行い、マルチスペクトル画像に基づく主成分ベクトルと主成分画像の複数の対を得る主成分分析部と、この主成分分析部で得られた主成分ベクトルと主成分画像の複数の対の中から、マルチスペクトル画像の画像情報を最適に代表する主成分ベクトルと主成分画像の対の最適主成分数を求めて、最適主成分ベクトルと最適

(4) 001-251646 (P2001-251646A)

主成分画像を得る最適主成分ベクトル・画像抽出部と、この最適主成分ベクトル・画像抽出部で得られた各最適主成分画像の画像データに対して、像構造圧縮を行う画像圧縮部とを有することを特徴とするマルチスペクトル画像の画像圧縮装置を提供するものである。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明のマルチスペクトル画像の画像圧縮方法を実施するマルチスペクトル画像取得システムについて、添付の図面に示される好適実施例を基に詳細に説明する。

【0012】図1は、本発明のマルチスペクトル画像の画像圧縮方法を実施し、本発明のマルチスペクトル画像の画像圧縮装置を含むマルチスペクトル画像取得システム（以下、本システムという）10を示す。本システム10は、撮影被写体Oを撮影し、得られたマルチスペクトル画像M<sub>0</sub>の画像データを記録メディアに保存するものであって、撮影被写体Oを照らす光源12と、撮影波長帯域を複数のバンド帯域に分割する可変フィルタ14と、撮影被写体Oを撮影してマルチバンド画像M<sub>0</sub>を得るCCDカメラ16と、画像データを一時保持するマルチバンド画像データ記憶装置18と、マルチバンド画像から各画素毎に分光反射率分布を推定してマルチスペクトル画像M<sub>0</sub>を得るマルチスペクトル画像取得装置20と、マルチスペクトル画像M<sub>0</sub>の画像データを、視覚的な劣化が少なく、圧縮率を高くして圧縮するマルチスペクトル画像圧縮装置22と、得られた圧縮画像データを保存する記憶メディアドライブ装置24とを主に有して構成される。なお、本発明において、マルチスペクトル画像M<sub>0</sub>は、少なくとも6チャンネル以上のスペクトル画像を備え、すなわち、分光反射率分布のデータを持つ構成波長数が6以上であるのが好ましい。

【0013】光源12は、撮影被写体Oを撮影するものであって、光源の種類等は特に制限されないが、撮影されたマルチバンド画像M<sub>0</sub>から分光反射率を推定し、マルチスペクトル画像M<sub>0</sub>を取得するために、分光強度分布が既知の光源であることが好ましい。可変フィルタ14は、撮影被写体Oを撮影してマルチバンド画像M<sub>0</sub>を得るために、撮影波長帯域を分割するバンド帯域が可変に設定可能なバンドパスフィルタであり、例えば16バンド、21バンド、41バンド、81バンドや201バンド等に分割することができる。このような可変フィルタとして、例えば液晶チューナブルフィルタが挙げられる。

【0014】CCDカメラ16は、撮影被写体Oの反射光を可変フィルタ14を介して所望の波長帯域に分光された透過光によって結像される像を黑白のバンド画像として撮影するカメラであって、受光面には、エリアセンサとしてCCD (charge coupled device) 撮像素子が面状に配置されている。また、CCDカメラ16には、撮影される画像の明度値のダイナミックレンジを適切に

定めるため、撮影被写体Oの撮影前に行うホワイトバランスの調整機構を備える。

【0015】マルチバンド画像データ記憶装置18は、撮影波長帯域を複数のバンド帯域に分割して撮影され、各バンドに対応するホワイトバランスの調整された複数のバンド画像からなるマルチバンド画像M<sub>0</sub>を一時記憶保持する部分である。マルチスペクトル取得装置20は、CCDカメラ16で撮影された分光反射率の既知の撮影被写体の画像データ、例えばマクベスチャートのグレーパッチの画像データとその既知の分光反射率の値との対応関係から予め作成された1次元ルックアップテーブル（1次元LUT）を備え、この1次元LUTを用いて、マルチバンド画像データ記憶装置18より呼び出された撮影被写体Oのマルチバンド画像M<sub>0</sub>の画像データから各画素毎の撮影被写体Oの分光反射率を推定し、マルチスペクトル画像M<sub>0</sub>を取得し、マルチスペクトル画像圧縮装置22に送る部分である。撮影被写体Oの分光反射率の推定において、可変フィルタ14のフィルタ特性、すなわち可変フィルタ14の分光透過率分布がバンド間で一部分が重なった特性を有する場合、得られるマルチスペクトル画像M<sub>0</sub>の分光反射率分布は鈍り、精度の高い分光反射率分布を推定することができないため、マトリクス演算やフーリエ変換を用いて、上記フィルタ特性を排除するデコンボリューション処理を施してもよい。

【0016】記録メディアドライブ装置24は、ハードディスクやフロッピー（登録商標）ディスクやMOやCD-RやDVD等の記録メディアに記録するドライブ装置であり、マルチスペクトル画像M<sub>0</sub>の画像データを後述するマルチスペクトル画像圧縮装置22で圧縮した圧縮マルチスペクトル画像データを記録することができる。また、記録メディアドライブ装置24と共に、またこれに替えて、後述する圧縮マルチスペクトル画像データを各種ネットワークを介して転送するために、ネットワーク接続装置を備えてもよい。

【0017】マルチスペクトル画像圧縮装置22は、マルチスペクトル取得装置20で得られたマルチスペクトル画像M<sub>0</sub>を構成するマルチスペクトル画像データから、視覚的な劣化が少なく画像圧縮率の高い画像データに変換する部分であり、画像データ変換部22aと、主成分分析部22bと、最適主成分ベクトル・画像抽出部22cと、画像圧縮部22dとを備える。また、本装置は、以下に示すような機能を備えるソフトウェアで構成してもよく、また1つのハードウェアとして構成してもよい。

【0018】画像データ変換部22aは、マルチスペクトル画像取得装置20から送られたマルチスペクトル画像の画像データを対数変換、すなわち、Log変換して対数変換画像データを得、この対数変換画像データを主成分分析部22bに送る部分であり、一次元ルックアップ

(5) 001-251646 (P2001-251646A)

プテーブル等の公知の変換手段を用いて変換を行う。画像データを対数変換するのは、後述するように、画像の圧縮率を高めることができるからである。

【0019】主成分分析部22bは、マルチスペクトル画像 $M_s$ の各画素毎に備える分光反射率分布の対数変換画像データの主成分分析を行い、主成分ベクトルで展開する部分である。なお、以降では、撮影波長帯域を複数のバンド帯域に分割するバンド数を $n$ として説明する。

【0020】本発明における主成分分析として具体的には、観測波形から、統計的手法および固有値解析法を用いて、観測波形に固有の1次独立な固有ベクトルを主成分ベクトルとして求め、この主成分ベクトルから、本来観測波形に雑音成分が無ければ、固有値が0となる固有値の小さな主成分ベクトルを取り除き、バンド数 $n$ より少ない数の最適主成分ベクトルを求め、この最適主成分ベクトルによって観測波形を線型的に表す、南茂夫著、「科学計測のための波形データ処理」、220-225頁に記載の方法が挙げられる。この分析手法は、主成分分析部22bおよび後述する最適主成分ベクトル・画像抽出部22cにおいて主に行われる。このように主成分分析法を用いる場合には、分光反射率波形に含まれる雑音成分が、分光反射率の値と無関係な雑音であることが好ましい。

【0021】本実施例に沿って大きく説明すると、マルチスペクトル画像 $M_s$ は、各画素毎に、可変フィルタ14を用いて被写体の撮影波長帯域を分割したバンドの数 $n$ だけ、分光反射率の値を有する。すなわち、 $n$ 個のバンド帯域からなるマルチバンド画像 $M_b$ によって得られたマルチスペクトル画像 $M_s$ は、 $n$ 個の分光反射率の値からなる分光反射率分布を有する。また、マルチスペクトル画像 $M_s$ は、例えば $1024 \times 1024$ 画素、すなわち約 $10^6$ 個の画素で構成され、この画素数は、分光反射率の個数である $n$ よりも圧倒的に大きいため、統計的処理、すなわち、画像領域全体またはその一部分の画素に関する自己相関行列 $T$ を求め、これを用いて分光反射率の主成分分析を行うことができる。この場合、主成分分析により主成分を効果的に求めるために、分光反射率波形のデータを対数変換した対数変換画像データに基づいて行う。

【0022】ここで主成分分析から求められる主成分とは、統計的処理を用いて得られるもので、例えば $n$ バンドの数に相当する $n$ 個の分光反射率の値からなる正規直交変換された自己相関行列 $T$ の固有ベクトルである主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim n$ )と自己相関行列 $T$ の固有値 $u_k$  ( $k=1 \sim n$  ( $k$ は1以上 $n$ 以下の整数を示す))の対である。また、主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim n$ )を用いて、スペクトル画像の画素位置 $(i, j)$ での分光反射率分布の対数変換画像データ $R(i, j, \lambda)$ を線型展開し、その際得られる各主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim n$ )に係る係数 $s_k(i, j)$  ( $k$

$=1 \sim n$ )を求め、これを画素位置 $(i, j)$ での画像データとする主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim n$ )を得ることができる。得られた主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim n$ )および主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim n$ )は、最適主成分ベクトル・画像抽出部22cに送られる。

【0023】最適主成分ベクトル・画像抽出部22cは、主成分分析部22bで得られた主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim n$ )とそれに対応した主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim n$ )を用いて、最適主成分数 $m_1$ を定め、最適主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim m_1$ )および最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim m_1$ )を抽出する部分である。最適主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim m_1$ )および最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim m_1$ )を抽出するのは、主成分分析部22bで求められた主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim n$ )には、マルチスペクトル画像の画像データの雑音成分の影響を受けて、本来主成分ベクトルに当たらない固有ベクトルも主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim n$ )として含まれて求められるため、この主成分ベクトル $p_k(\lambda)$ を排除し、最適主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim m_1$ )および最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim m_1$ )を抽出する必要があるからである。

【0024】すなわち、 $n$ 個の主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim n$ )とそれに対応した主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim n$ )の対の中から、それより少ない $m$  ( $m < n$ )個の主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim m$ )とそれに対応した主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim m$ )の対を用いて合成画像 $G$ を求め、この合成画像 $G$ の画像情報の、マルチスペクトル画像 $M_s$ に基づくオリジナル画像の画像情報に対する誤差を用いて、 $m$ 個の主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim m$ )とそれに対応した主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim m$ )が最適な主成分であるかどうか判断する。

【0025】ここで、主成分ベクトル $p_k(\lambda)$ は、対応した固有値 $u_k$ が大きい程、マルチスペクトル画像 $M_s$ の分光反射率分布における主成分の寄与は大きい。そこで、固有値 $u_k$ の大きい順に、この固有値 $u_k$ に対応する主成分ベクトル $p_k(\lambda)$ を合成画像 $G$ を求めるために順次増やして、一定の照明光源下で再構成される合成画像 $G$ を求めていくと、 $n$ 個の主成分ベクトルから構成されるマルチスペクトル画像 $M_s$ に基づくオリジナル画像に対する合成画像 $G$ の画像情報の誤差が、採用する主成分ベクトル数 $m$ の増加に伴って単調減少する。そのため、この誤差が予め定めた所定値以下に減少する最初的主成分ベクトル数 $m$ を求めることによって、最小の最適主成分数 $m_1$ を求めることができる。これによって、最適主成分数 $m_1$ で合成画像 $G$ を求める際に採用した主成分ベクトル $p_k(\lambda)$ およびこれに基づいて得られる主成分画像 $S_k$ を、それぞれ、最適主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim m_1$ )および最適主成分画像 $S_k$  ( $k$

!(6) 001-251646 (P2001-251646A)

=1~m<sub>1</sub>)として抽出することができる。

【0026】ここで、上記画像情報とは、例えば、CIE L\*a\*b\*色空間に於ける一定の光源下の測色値L\*、a\*およびb\*、例えばCIE D<sub>65</sub>の標準光条件下の測色値L\*、a\*およびb\*であり、その際、上記誤

$$\Delta E_0 = \{ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \}^{1/2} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ および $\Delta b^*$ は、上記合成画像とマルチスペクトル画像の画像全体または一部分における平均測色値L\*、a\*およびb\*の差分である。このようにして、最適主成分数m<sub>1</sub>は、合成画像Gの色空間上の測色値とオリジナル画像の測色値の色差 $\Delta E_0$ に基づいて適応的に決定される。

【0027】また、上記画像情報の誤差、すなわち、オリジナル画像に対するm個の主成分ベクトルp<sub>k</sub>によって再構成される合成画像Gの、画像全体または一部分の画素のスペクトルの自乗誤差E<sub>1</sub>であってもよい。合成画像Gの画像データ値も、マルチスペクトル画像の測色値の一例と見做され、合成画像Gの色空間上の測色値である画像データ値とオリジナル画像の測色値であるスペクトルの画像データ値の自乗誤差E<sub>1</sub>に基づいて、最適主成分数m<sub>1</sub>を適応的に決定してもよい。この場合、この自乗誤差E<sub>1</sub>またはlog(E<sub>1</sub>)は、主成分ベクトル数mに対して単調減少となるため、mを増やすことによって、自乗誤差E<sub>1</sub>またはlog(E<sub>1</sub>)の減少幅が予め定められた所定値より小さくなる時のmの値、すなわちmの増加に対して自乗誤差Eの減少が所定値以下で飽和する時の最小のmの値を求めればよい。

【0028】画像圧縮部22dは、最適主成分ベクトル・画像抽出部22cで求めた最適主成分画像S<sub>k</sub> (k=1~m<sub>1</sub>)の各々の画像データに対して像構造に基づく像構造圧縮を行う部分である。最適主成分画像S<sub>k</sub> (k=1~m<sub>1</sub>)は、その画像データが第k主成分ベクトルp<sub>k</sub>(λ)の係数に基づく明度値で表現された画像データからなる黑白画像である。画像圧縮部22cは、このような画像データに対して、各主成分の主成分画像毎に、像構造圧縮を行う。なお、像構造圧縮方法として、例えば、JPEG (Joint Photographic Experts Group) で用いられるDCT (Discrete Cosine Transformation) 方式が挙げられる。以下では、JPEG方式について説明するが、この方式に制限されず、例えば、DFT (Discrete Fourier Transformation) 方式やFFT (Fast Fourier Transformation) 方式やWT (Wavelet Transformation) 方式であってもよい。

【0029】JPEG方式とは、例えば1024×1024画素の主成分画像S<sub>k</sub>を8×8画素のブロック画像に分解し、このブロック画像各々に対して、cosine関数による2次元の離散型のフーリエ展開であるDCTを施し、得られ低周波成分から高周波成分に至る複数のフーリエ係数をDCT係数として求めたのち、予め与えられた量子化テーブルによって上記DCT係数を除して、高

差とは下記式(1)で表される色差 $\Delta E_0$ である。この場合、この色差 $\Delta E_0$ が例えば1.0以下となるような主成分画像の数mを見出すことによって最適主成分数m<sub>1</sub>を求めることができる。

周波成分のフーリエ係数を0として省略することで、高周波成分の画像データを圧縮し、その後DCT係数の0次低周波成分である直流成分とそれ以外の周波数成分に分け、ハフマン符号化方式や公知の算術符号化方式を用いて、DCT係数の画像データを符号化し圧縮する方式である。ここで、上記量子化テーブルの値は、主成分画像S<sub>k</sub>の像構造によって変化するものである。本発明においては、上記DCT係数の高周波成分を量子化テーブルによって除去した画像データを、ハフマン符号化方式や公知の算術符号化方式を用いることなく、圧縮マルチスペクトル画像データとして、画像圧縮部22dから出力させてもよい。また、最適主成分画像S<sub>k</sub> (k=1~m<sub>1</sub>)の画像データに対して、符号化による圧縮を直接施してもよい。

【0030】本システム10は、以上のように構成される。次に、本発明のマルチスペクトル画像の画像圧縮方法について、本システム10に沿った画像圧縮方法の流れを、図3を参照しつつ説明する。

【0031】まず、光源12、可変フィルタ14およびCCDカメラ16によって形成されるマルチバンドカメラによって撮影被写体Oを撮影し、複数のバンド帯域、例えば41個のバンド帯域に分割された複数のバンド画像からなるマルチバンド画像M<sub>0</sub>を取得する(ステップ100)。得られたマルチバンド画像M<sub>0</sub>は、マルチバンド画像データ記憶装置18に一時記憶されると共に、マルチスペクトル画像取得装置20に送られる。

【0032】マルチスペクトル画像取得装置20では、例えばマクベスチャートのグレーパッチの画像データとその分光反射率の値との関係から作成された1次元ルックアップテーブル(1次元LUT)が備えられており、この1次元LUTを用いて、マルチバンド画像データ記憶装置18から呼び出された撮影被写体Oのマルチバンド画像M<sub>0</sub>の画像データを用いて各画素毎の撮影被写体Oの分光反射率を推定しマルチスペクトル画像M<sub>5</sub>の画像データを取得する(ステップ102)。この撮影被写体Oの分光反射率の推定において、精度の高い分光反射率分布を推定するために、マトリクス演算やフーリエ変換を用いたデコンボリューション処理が付加されてもよい。

【0033】次に、得られたマルチスペクトル画像M<sub>5</sub>の画像データを、対数変換して、主成分分析をし、最適主成分数m<sub>1</sub>を決定する(ステップ104)。まず、主成分分析を行う前に、マルチスペクトル画像の画像データを対数変換処理し、すなわち画像データのlog変換



!(7) 001-251646 (P2001-251646A)

を行う(ステップ105)。

【0034】ここで、対数変換を行うのは以下の理由による。すなわち、マルチスペクトル画像 $M_s$ の画像データは、所定のピーク波長を中心とする急峻な山型分布を示す可変フィルタ14の分光透過特性に従って得られる画像データであるので、得られる画像データの値は、実際、上記所定のピーク波長における光源12の照明光の分光波長の強度分布の値と、撮影被写体Oの分光反射率分布の値と、CCDカメラ16の分光感度特性の値との積によって近似的に表されるが、対数変換を施すことによって、マルチスペクトル画像 $M_s$ の画像データの対数変換画像データの値は、光源12の照明光の分光波長の強度分布の値の対数値と、撮影被写体Oの分光反射率分布の値の対数値と、撮影被写体Oの分光反射率分布の値の対数値の和に分解され、後述する式(3)に示されるように、主成分分析において行われる主成分ベクトルの線型和に対応させることができるからである。

【0035】一方、同一分光反射率を有する撮影被写体Oであっても、光源12の分光強度分布が異なる部分がある場合、対数変換の施されないマルチスペクトル画像 $M_s$ の画像データでは、分光波長の強度分布の値と、撮影被写体Oの分光反射率分布の値と、CCDカメラ16の分光感度特性の値との積によって表されることから、主成分ベクトル $p_k(\lambda)$ の線型和で表現する主成分分析に対応して表現することはできず、従って、主成分数を大きくして、マルチスペクトル画像 $M_s$ の画像データを表現しなければならず、本発明の目的である画像圧縮の際の圧縮効率を十分に高めることができない。

【0036】次に、このようにマルチスペクトル画像データを対数変換して得た対数変換画像データに対して、主成分分析を行い(ステップ106)、主成分画像 $S_k$  ( $k=1\sim n$ )および主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1\sim n$ )を求める。以下、主成分分析法について説明する。

【0037】マルチスペクトル画像 $M_s$ は、画素位置 $(i,j)$ においてそれぞれ $n$ 個の分光反射率の値を持つ分光反射率分布を有し、マルチスペクトル画像 $M_s$ の画像データを対数変換した対数変換画像データを $R(i,j,\lambda) = (R(i,j,\lambda_1), R(i,j,\lambda_2), R(i,j,\lambda_3), \dots, R(i,j,\lambda_n))^T$  (小文字 $T$ は転置を示す)として、画像全体の画素または画像の一部、例えば画像全体の画素から一定間隔で画素を間引いた残りの画素における自己相関行列 $T$  ( $T$ の $(k,l)$ 成分 $T_{kl}$ は $R^T \cdot R/n$ であり、 $\cdot$ は画素位置に関する内積である)を求める。

【0038】得られた自己相関行列 $T$ は $n \times n$ の正方行列であり、この自己相関行列 $T$ を用いて、下記式(2)を満足する固有値 $u_k$  ( $u_1 > u_2 > \dots > u_n$ ,  $k=1\sim n$ )および正規直交化された固有ベクトルである主成分ベクトル $p_k(\lambda) = (p_k(i,j,\lambda_1), p_k$

$(i,j,\lambda_2), p_k(i,j,\lambda_3), \dots, p_k(i,j,\lambda_n))^T$  ( $k=1\sim n$ )を求める。固有値および固有ベクトルを求める方法は、jacob法やべき乗法等の公知の方法であればよく、特に制限されない。

$$T \cdot p_k(\lambda) = u_k p_k(\lambda) \quad (2)$$

【0039】また、画素位置 $(i,j)$ における分光反射率分布の対数変換画像データ $R(i,j,\lambda)$ が下記式(3)のように、固有ベクトルである主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1\sim n$ )で表されるため、

【数1】

$$R(i,j,\lambda) = \sum_{k=1}^n S_k(i,j) P_k(\lambda) \quad (3)$$

下記式(4)に従って、主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1\sim n$ )がお互いに正規直行関係にあることを利用して、 $s_k(i,j)$ を求める。

$$s_k(i,j) = R(i,j,\lambda) \cdot p_k(\lambda) \quad (4)$$

ここで、記号 $\cdot$ は、 $n$ 個の成分から成るバンド帯域の分光波長に関するベクトルの内積であり、 $s_k(i,j)$ は、マルチスペクトル画像の画素位置 $(i,j)$ での分光反射率分布の対数変換画像データ $R(i,j,\lambda)$ に含まれる第 $k$ 主成分ベクトル $p_k$ の大きさを示す量である。また、この $s_k(i,j)$ を各画素位置で求め、その値を各々の画素位置での画像データとする第 $k$ 主成分画像 $S_k$  ( $k=1\sim n$ )を求める。

【0040】ところで、分光反射率分布の対数変換画像データ $R(i,j,\lambda)$ における第1～第 $n$ の各主成分の寄与は、上述したように、各主成分に付随した固有値 $u_k$ の値が小さくなるに連れて小さくなることから、分光反射率分布の対数変換画像データ $R(i,j,\lambda)$ は、画像情報を最適に保持する限りにおいて、小さな固有値 $u_k$ を持つ主成分ベクトル $p_k$ を省略して近似することができる。すなわち、下記式(5)に示すように、固有値 $u_k$  ( $k=1\sim n$ )を大きい順に並べた際の、上から $m$ 番目以内の固有値 $u_k$  ( $k=1\sim m$ )に対応する固有ベクトルである主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1\sim m$ )を採用し、それ以外の固有値 $u_k$ の小さい固有ベクトルである主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=m+1\sim n$ )を切り捨てることによって、分光反射率分布の対数変換画像データ $R(i,j,\lambda)$ を近似し、画像データを圧縮することができる。

【数2】

$$R(i,j,\lambda) \approx \sum_{k=1}^m S_k(i,j) P_k(\lambda) \quad (5)$$

【0041】特に、上述した様に、分光反射率分布の対数変換画像データ $R(i,j,\lambda)$ は、マルチバンド画像の画像データを対数変換して、分光波長の強度分布の対数値と、撮影被写体Oの分光反射率分布の対数値の和で表すことができるので、撮影被写体Oの分光反射率が同一

(8) 001-251646 (P2001-251646A)

の部分であるが、光源12の照明強度が異なる部分が存在する場合、例えば、撮影被写体Oの同一の材質の表面上に照明光による陰影部分がある場合、撮影被写体Oの同一の材質の分光反射率分布の対数変換された画像データの主成分ベクトル $p_k(\lambda)$ に、照明光の陰影部分による分光強度分布の対数変換されたバイアス量分、加算されたデータとなる。そのため、撮影被写体Oの分光反射率に基づく主成分を、対数変換した状態で、照明光の分光強度分布によるバイアス量と区別して効果的に抽出することができる。その結果、対数変換せずに主成分分析を行う場合に比べて、最適主成分数 $m_1$ を抑えることができ、本発明の目的とする画像の圧縮率を高めることができる。

【0042】そこで、分光反射率分布の対数変換画像データ $R(i, j, \lambda)$ が、画像情報を損なうことなく、近似的に表されるような主成分ベクトル $p_k$ の採用数、すなわち最適主成分数 $m_1$ を見だし、これを用いて、マルチスペクトル画像 $M_s$ を圧縮する。これによって、マルチスペクトル画像 $M_s$ の画質を劣化させることなく、画像データを圧縮することができる。ここで、固有値 $u_k$ の大きい固有ベクトルである主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim m_1$ )を採用し、固有値 $u_k$ の小さい固有ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=m_1+1 \sim n$ )を切り捨てるための最適主成分数 $m_1$ の設定を以下の判断基準によって行なう(ステップ108)。

【0043】まず、固有値 $u_k$ の大きい順に主成分ベクトル $p_k(\lambda)$ を順次式(5)の主成分ベクトル $p_k(\lambda)$ に含め、下記式(6)で示されるマルチスペクトル画像に対応する分光反射率分布の近似対数変換画像データ $R'(i, j, \lambda)$ を求める。

【数3】

$$R'(i, j, \lambda) = \sum_{k=1}^{m_1} S_k(i, j) P_k(\lambda) \quad (6)$$

近似対数変換画像データ $R'(i, j, \lambda)$ は、対数変換画像データ $R(i, j, \lambda)$ を近似しているため誤差が存在するが、この近似対数変換画像データ $R'(i, j, \lambda)$ を真数変換し、一定の分光強度分布を、照明光の分光強度分布として掛け合わせて得られる合成画像Gの画像情報の、マルチスペクトル画像 $M_s$ に上記分光強度分布を掛け合わせて得られるオリジナル画像の画像情報に対する誤差も、主成分数 $m$ が大きくなるに連れて減少する。そこで、判断基準として、所定値を設定し、近似対数変換画像データ $R'(i, j, \lambda)$ に分光強度分布を掛け合わせて得られる合成画像Gの画像情報の上記オリジナル画像の画像情報に対する誤差が、上記判断基準として定めた所定値より小さくなる最初的主成分数 $m$ を求めることによって、最小の最適主成分数 $m_1$ が取得される。

【0044】たとえば、合成画像Gの画像情報のマルチスペクトル画像 $M_s$ の画像情報に対する誤差を、CIE

D65の標準光条件下のCIE $L^* a^* b^*$ 色空間における測色値 $L^*$ 、 $a^*$ および $b^*$ の色差 $\Delta E_0$ として、この色差 $\Delta E_0$ に対する上記所定値を定め、最小の最適主成分数 $m_1$ を求める。また、上記誤差は、合成画像Gの画像全体または一部分のスペクトルの自乗誤差 $E_1$ であってもよく、その際、主成分数 $m$ の増加に対して自乗誤差 $E_1$ の減少量が所定値以内に飽和する時の最小の最適主成分数 $m_1$ の値を求めてもよい。

【0045】このようにして、マルチスペクトル画像 $M_s$ の画像情報を保持し最適に代表する最小の最適主成分数 $m_1$ を求め、これによって、固有値 $u_1 \sim u_{m_1}$  ( $u_1 \sim u_{m_1} > u_{m_1+1} > \dots > u_n$ )に対応する $m_1$ 個の最適主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=1 \sim m_1$ )および最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim m_1$ )を取得する。ここで、取り除かれる主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=m_1+1 \sim n$ )は、マルチスペクトル画像 $M_s$ に含まれるノイズ成分が支配的な場合が比較的多く、マルチスペクトル画像 $M_s$ から寄与の小さな主成分ベクトル $p_k(\lambda)$  ( $k=m_1+1 \sim n$ )を除去することで、マルチスペクトル画像 $M_s$ に含まれるノイズ成分の抑制も行うことができる。

【0046】次に、得られた最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim m_1$ )に対して、画像圧縮部22dで画像圧縮(ステップ110)を行う。画像圧縮は、像構造に基づく対数変換画像データの圧縮(ステップ112)および符号化データの圧縮(ステップ114)から構成される。像構造に基づく対数変換画像データの圧縮は、例えば、JPEG方式の圧縮が行われ、例えば1024×1024画素の主成分画像 $S_k$ を8×8画素のブロック画像に分解し、このブロック画像各々に対して、cosine関数による2次元の離散型のフーリエ展開であるDCTを施し、得られ低周波成分から高周波成分に至る複数のフーリエ係数をDCT係数として求めたのち、予め与えられた量子化テーブルによって上記DCT係数を除した商を画像データとする。ここで、上記DCT係数を除する量子化テーブルの係数は、高周波成分になるほど、値が大きく、しかも高周波成分のDCT係数は、低周波成分に比べて小さいため、高周波成分のDCT係数を除した商は大部分が0となる。すなわち、最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1 \sim m_1$ )の画像データに含まれる高周波成分の画像データの大部分を、像構造に基づいた量子化テーブルによって0とするのである。一般的に画像データに含まれる高周波成分は、低周波成分に対して、画像に対する寄与が小さく、高周波成分を除去しても原画像の画像情報に対する影響は少なく、高周波成分を省略しても構わないからである。また、高周波成分は、撮影被写体Oの画像成分よりもノイズ成分が支配的である場合が多く、高周波成分を除去することで、画像データに含まれるノイズ成分を除去することができる。

【0047】このように大部分の対数変換画像データの

(9) 001-251646 (P2001-251646A)

高周波成分のDCT係数を0とすることで、情報エントロピーを低減することができ、後述する符号化データ圧縮(ステップ114)の際において、対数変換画像データを大きく圧縮することが可能となる。

【0048】次に、高周波成分の大部分が0となったDCT係数で構成される主成分画像 $S_k$  ( $k=1\sim m_1$ )をそれぞれ、符号化し、対数変換画像データを圧縮する(ステップ114)。符号化は、例えばハフマン符号化やその他の算術符号化が行われる。例えば、ハフマン符号化においては、DCT係数の0次低周波成分である直流成分とそれ以外の周波数成分に分け、例えば、 $8\times 8$ 画素のブロック画像を代表した直流成分のみで表示される $1/8\times 1/8$ の縮尺画像を得、この縮尺画像に対して、隣接する画素値との差分を取ってDPCM符号化により圧縮を行う。一方、直流成分以外の周波数成分は、高周波成分になるにつれ、DCT係数が0となっていくため、順次低周波から高周波に向けてDCT係数を符号化する際、DCT係数0の連続する個数、すなわちランレングスによって符号化し、対数変換画像データの圧縮率を高めることができる。

【0049】このようにして、最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1\sim m_1$ )の対数変換画像データを符号化した最適主成分圧縮画像データ $Sd_k$  ( $k=1\sim m_1$ )を得、ステップ104において求められた最適主成分ベクトル $p_k$  ( $\lambda$ ) ( $k=1\sim m_1$ )とともに、圧縮マルチスペクトル画像データとして、記録メディアドライブ装置24を介して、ハードディスクやMOやCD-RやDVD等の各種記録メディアに保存する(ステップ116)。

【0050】本発明においては、画像データ量の大きなマルチスペクトル画像 $M_s$ を対数変換して、対数変換画像データを求め、これを用いて主成分分析し、画像情報を最適に保持する最適主成分ベクトル $p_k$  ( $\lambda$ ) ( $k=1\sim m_1$ )および最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1\sim m_1$ )を求めることによって、画像データ量を圧縮し、さらに、JPEG方式等によって、最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1\sim m_1$ )に対応した圧縮画像データ $Sd_k$  ( $k=1\sim m_1$ )を求めて一層圧縮し、得られた最適主成分ベクトル $p_k$  ( $\lambda$ ) ( $k=1\sim m_1$ )および圧縮画像データ $Sd_k$  ( $k=1\sim m_1$ )を記録保存する。

【0051】これによって、複数のスペクトル画像が視覚的に劣化することなく画像圧縮の際の圧縮率を高め、画像データの取り扱いが向上する。特に、主成分分析では、主成分ベクトルの線型表示に対応する様に、主成分分析の対象となるマルチスペクトル画像の画像データを対数変換した対数変換画像データを用いて主成分分析を行うので、照明光の分光強度分布と撮影被写体Oの分光反射率分布の寄与を明確に分けることができ、撮影被写体Oの分光反射率が同じであるが照明強度が部分的に異なるマルチバンド画像や、照明強度のみが異なり、撮影被写体Oの分光反射率が同じである領域を大きく占める

ようなマルチバンド画像において、画像圧縮の際の圧縮効率を高めることができる。

【0052】なお、圧縮され記録メディア等に保存された画像データは、必要に応じて呼び出され、符号化データの圧縮および像構造に基づく圧縮の逆変換によって伸張処理が行われて、最適主成分ベクトル $p_k$  ( $\lambda$ ) ( $k=1\sim m_1$ )および最適主成分画像 $S_k$  ( $k=1\sim m_1$ )が求められ、この最適主成分ベクトル $p_k$  ( $\lambda$ )および最適主成分画像 $S_k$ より、近似対数変換画像データ $R'(i,j,\lambda)$ が求められ、最後に真数変換を行ってマルチスペクトル画像が求められる。

【0053】このようなマルチスペクトル画像の画像圧縮方法および画像圧縮装置において、以下のようなマルチスペクトル画像の圧縮を行った。CCDカメラ16として、DALSA社製CA-D4-1024A(画素数 $1024\times 1024$ 、ピクセルサイズ $12\times 12$ ミクロン、PCIインターフェース付き、モノクロ)を用い、可変フィルタ14として、CRI社製Varispec Tunable Filter(液晶チューナブルフィルタ)を用いた。この液晶チューナブルフィルタによって、 $380\sim 780\text{nm}$ の撮影波長帯域を、バンド帯域幅を $10\text{nm}$ ずつに分割し、41バンドとした。人物を撮影被写体Oとし、41画像から成る人物画のマルチバンド画像 $M_B$ を得た。

【0054】マルチバンド画像記憶部18、マルチスペクトル画像取得装置20およびマルチスペクトル画像圧縮装置22は、PROSIDE社製ブック型PC(パーソナルコンピュータ)を用いて構成し、Windows

(登録商標)95上でC++言語によるソフトウェア処理を行った。なお、PROSIDE社製ブック型PCは、CPUが $166\text{MHz}$ であり、RAMは $128\text{Mbyte}$ であった。なお、前処理として、ソフトウェア処理の都合上から、画像データの量子化数を2バイトから1バイトに変換した。この前処理は、以降で述べる画像データ量の圧縮には含まれていないものである。

【0055】まず、マルチスペクトル画像取得装置20において、マルチバンド画像 $M_B$ からマルチスペクトル画像 $M_s$ を抽出し、対数変換を行った後、主成分分析を行い、主成分ベクトル $p_k$  ( $\lambda$ ) ( $k=1\sim 41$ )および主成分画像 $S_k$  ( $k=1\sim 41$ )を求めた。

【0056】次に、最適主成分数 $m_1$ を求めるために、判断基準として、CIED<sub>65</sub>の標準光源下のCIED1976 $L^*a^*b^*$ 色空間における色度に基づく平均色差を1.5とし、上述した主成分分析法によって固有値 $u_k$ および固有ベクトルである主成分ベクトル $p_k$ を求めた。固有値 $u_k$ の大きい順に採用した $m$ 個の主成分ベクトル $p_k$  ( $\lambda$ ) ( $k=1\sim m$ )を真数変換して、再構成される合成画像Gとマルチスペクトル画像 $M_s$ から得られるオリジナル画像との上記平均色差を求め、平均色差が1.5以下となる最適主成分数 $m_1$ を決定した。その結果、最適主成分数 $m_1$ は5であった。また、対数変

(特) 01-251646 (P2001-251646A)

換画像データ  $R(i, j, \lambda)$  を第1～第5主成分ベクトル  $p_k(\lambda)$  によって近似しても、再構成された合成画像  $G$  は、オリジナル画像の画像情報を依然保持し、しかも視覚的に劣化の少ないことがわかった。すなわち、第1～5主成分画像  $S_k$  ( $k=1\sim5$ ) と第1～5主成分ベクトルにより、41のバンド帯域からなるマルチスペクトル画像  $M_s$  を約  $1/8$  に画像データ量を圧縮することができた。

【0057】さらに、求められた第1～5主成分画像  $S_k$  ( $k=1\sim5$ ) について、上述した像構造に基づく非可逆なDCTによるJPEG方式で画像データの圧縮を行い、最適主成分画像  $S_k$  ( $k=1\sim5$ ) の画像データを符号化した。その結果、最終的に主成分画像  $S_k$  ( $k=1\sim5$ ) の画像データは、41Mバイトから0.6Mバイトに、約  $1/70$  に圧縮されることがわかった。しかも、画像情報を保持し、視覚的な劣化も見られなかった。

【0058】このように、本発明の画像圧縮方法およびこれを用いた画像圧縮装置は、複数のスペクトル画像に対して、視覚的な劣化が少なく画像圧縮の際の圧縮率を高め、例えば、 $1/70$  程度に高め、画像データの取り扱いを向上するのは明らかである。

【0059】以上、本発明のマルチスペクトル画像の画像圧縮方法および画像圧縮装置について詳細に説明したが、本発明は上記実施例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良および変更を行ってもよいのはもちろんである。

【0060】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、主成分分析法に合わせた形にマルチスペクトル画像データを対数変換して主成分分析を行い、画像デー

タ量を圧縮し、さらに最適主成分画像をJPEG方式等による像構造圧縮を行い、さらに像構造圧縮を行った最適主成分画像の画像データを符号化して圧縮画像データとするので、画像品質を損なうことなく、画像圧縮し、さらに圧縮率を高め、画像データの取り扱いを向上させることができる。また、マルチスペクトル画像に含まれる主成分ベクトルからノイズ成分が支配的な主成分ベクトルを除去することができ、ノイズ成分の抑制も行いうることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のマルチスペクトル画像圧縮装置を含むマルチスペクトル画像取得システムの一例を示す概念図である。

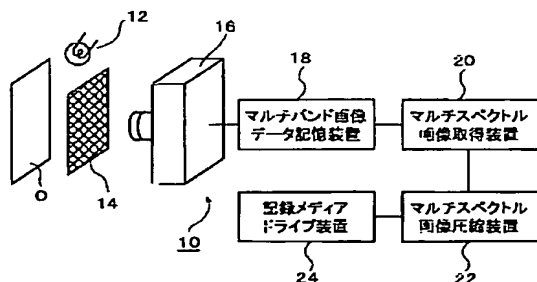
【図2】 本発明に係るマルチスペクトル画像圧縮装置の一例を示すブロック図である。

【図3】 本発明のマルチスペクトル画像圧縮方法のフローの一例を示すフローチャートである。

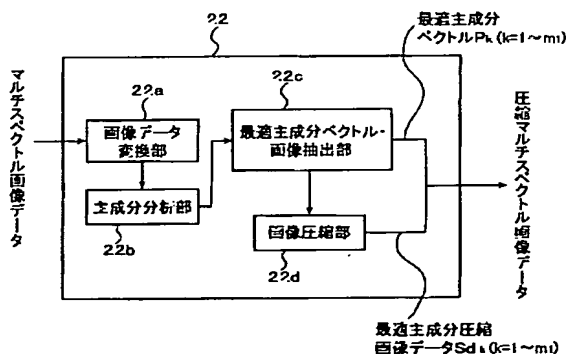
【符号の説明】

- 10 マルチスペクトル画像取得システム
- 12 光源
- 14 可変フィルタ
- 16 CCDカメラ
- 18 マルチバンド画像データ記憶装置
- 20 マルチスペクトル画像取得装置
- 22 マルチスペクトル画像圧縮装置
- 22a 画像データ変換部
- 22b 主成分分析部
- 22c 最適主成分ベクトル・画像抽出部
- 22d 画像圧縮部
- 24 記録メディアドライブ装置

【図1】

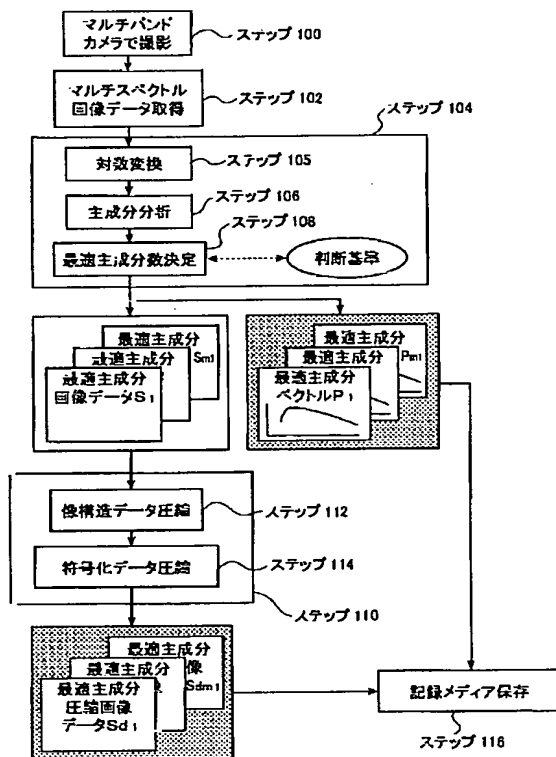


【図2】



(特1) 01-251646 (P2001-251646A)

【図3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C057 AA01 AA11 BA13 DA01 DC11  
 EA01 EC01 ED04 EF02 EL01  
 EM02 EM09 EM13 EM17 GJ00  
 5C059 KK02 MA00 MA21 MA23 MA24  
 MC14 MC33 ME02 ME05 ME11  
 PP14 RB01 RB12 SS12 UA02  
 UA13 UA38  
 5C065 AA07 BB48 CC01 DD02 EE03  
 GG26  
 5C078 AA09 BA01 BA22 BA58 CA01  
 CA22 DA01  
 9A001 EE04 HH27 HH31